

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

### ВАРИАНТ 1

1. В закрытом сосуде объемом 20 л содержатся водород массой 6 г и гелий массой 12 г. Определить: 1) давление; 2) молярную массу газовой смеси в сосуде, если температура смеси  $T = 300$  К.

2. Определить среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ , среднюю арифметическую  $\langle v \rangle$  и наиболее вероятные  $v_{\text{в}}$  скорости молекул водорода. Вычисления выполнить для трех значений температуры: 1)  $T = 20$  К; 2)  $T = 300$  К; 3)  $T = 5$  кК.

3. В сферической колбе объемом  $V = 1$  л содержится азот. При какой плотности  $\rho$  азота средняя длина свободного пробега молекул азота больше размеров сосуда?

4. Азот массой  $m = 10,5$  г изотермически расширяется при температуре  $t = -23$  °С, причем его давление изменяется от  $p_1 = 250$  кПа до  $p_2 = 100$  кПа. Определить работу  $A$ , выполненную газом при расширении.

5. Кислород нагревается при неизменном давлении  $p = 80$  кПа. Его объем увеличивается от  $V_1 = 1$  м<sup>3</sup> до  $V_2 = 3$  м<sup>3</sup>. Определить: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии кислорода; 2) работу  $A$ , выполненную им при расширении; 3) количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

6. Вследствие изотермического расширения в цикле Карно газ получил от нагревателя 150 кДж теплоты. Определить работу  $A$  изотермического сжатия этого газа, если известно, что КПД цикла  $\eta = 0,4$ .

7. Масса 100 капель спирта, который вытекает из капилляра,  $m = 0,71$  г. Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  спирта, если диаметр  $d$  шейки капли в момент отрыва равен 1 мм.

### ВАРИАНТ 2

1. В баллоне емкостью 15 л находится азот под давлением 100 кПа при температуре  $t_1 = 27$  °С. После того, как из баллона выпустили азот массой 14 г, температура газа стала равной  $t_2 = 17$  °С. Определить давление азота, который остался в баллоне.

2. Вычислить кинетическую энергию  $\langle E \rangle$  вращательного движения двух молей молекул кислорода при температуре 17 °С.

3. Вычислить среднее число столкновений  $z$  за единицу времени молекул некоторого газа, если средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle = 5$  мкм, а средняя квадратичная скорость его молекул  $v_{\text{кв}} = 500$  м/с.

4. При изотермическом расширении массы  $m = 10$  г азота, который находится при температуре  $t = 17$  °С, была выполнена работа  $A = 860$  Дж. В сколько раз изменилось давление азота при расширении?

5. Два разных газа, одноатомный и двухатомный, имеют одинаковые объемы и температуры. Газы сжимают адиабатно так, что их объемы уменьшаются в два раза. Какой из газов нагреется больше и в сколько раз?

6. Вычислить приращение энтропии  $\Delta S$  водорода, масса которого  $m = 0,8$  кг во время его сжатия от  $0,1$  МПа при температуре  $27^\circ\text{C}$  до  $1,5$  МПа при температуре  $127^\circ\text{C}$ .

7. Трубка имеет диаметр  $d_1 = 0,2$  см. На нижнем конце трубки повисла капля воды, которая имеет в момент отрыва вид сферы. Вычислить диаметр  $d_2$  этой капли.

### ВАРИАНТ 3

1. Азот массой  $7$  г находится под давлением  $p = 0,1$  МПа при температуре  $t_1 = 290^\circ\text{C}$ . Вследствие изобарного нагревания азот занял объем  $V_2 = 10$  л. Определить: 1) объем  $V_1$  газа до расширения; 2) температуру  $T_2$  газа после расширения; 3) плотность газа до и после расширения.

2. Колба емкостью  $V = 4$  л содержит некоторый газ массой  $m = 0,6$  г под давлением  $p = 200$  кПа. Определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  молекул газа.

3. Вычислить среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул водорода при давлении  $p = 0,1$  Па и температуре  $T = 100$  К.

4. Кислород, масса которого  $80$  г, изобарно нагревают от  $15$  до  $115^\circ\text{C}$ . Определить работу  $A$ , выполненную газом, изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и количество подведенной теплоты  $Q$ .

5. Вследствие адиабатного расширения объем газа увеличивается в два раза, а термодинамическая температура снижается в  $1,32$  раза. Сколько степеней свободы  $i$  имеют молекулы этого газа?

6. Кислород, масса которого  $m = 2$  кг, увеличил свой объем в  $n = 5$  раз, первый раз изотермически, второй раз – адиабатно. Определить изменение энтропии  $\Delta S$  в каждом из процессов.

7. Какую работу  $A$  нужно выполнить, чтобы, выдувая мыльный пузырек, увеличить его диаметр от  $d_1 = 1$  см до  $d_2 = 5$  см? Считать процесс изотермическим.

### ВАРИАНТ 4

1. В сосуде вместимостью  $1$  л находится кислород массой  $1$  г. Определить концентрацию молекул кислорода в сосуде.

2. Вычислить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{\text{вр}} \rangle$  вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре  $T = 350$  К и среднюю кинетическую энергию  $\langle E \rangle$  вращательного движения всех молекул кислорода, масса которого  $m = 4$  г.

3. При каком давлении  $p$  средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул азота составляет  $1$  м, если температура газа  $T = 300$  К?

4. В сосуде объемом  $V = 5$  л содержится газ при давлении  $p = 200$  кПа и температуре  $t = 17$  °С. При изобарном расширении газом была выполнена работа  $A = 196$  Дж. На сколько градусов нагрелся газ?

5. При адиабатном сжатии воздуха в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания давление изменяется от  $p_1 = 0,1$  МПа до  $p_2 = 3,5$  МПа. Начальная температура воздуха  $t_1 = 40$  °С. Определить температуру  $T_2$  воздуха в конце сжатия.

6. Кислород массой  $m = 200$  г занимает объем  $V_1 = 100$  л и находится под давлением  $p_1 = 200$  кПа. Во время нагревания газ расширился при постоянном давлении до объема  $V_2 = 300$  л, а потом его давление возросло до  $p_2 = 500$  кПа при неизменном объеме. Определить изменение внутренней энергии  $\Delta U$  газа, работу  $A$ , совершенную газом и количество теплоты  $Q$ , сообщенную газу. Построить график процесса.

7. Две капли ртути радиусом  $r = 1$  мм каждая слились в одну большую каплю. Какая энергия  $E$  выделится при этом слиянии? Считать процесс изотермическим.

#### ВАРИАНТ 5

1. В сосуде вместимостью  $V = 0,3$  л при температуре  $T = 290$  К содержится неон. На сколько понизится давление  $p$  газа в сосуде, если из него через вентиль выйдет  $N = 10^{19}$  молекул?

2. Определить наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа составляет  $0,35$  кг/м<sup>3</sup>.

3. Баллон объемом  $V = 10$  л содержит водород массой  $m = 1$  г. Определить среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул.

4. При изобарном расширении двухатомного газа была выполнена работа  $A = 156,8$  Дж. Какое количество теплоты  $Q$  было сообщено газу?

5. Газ расширяется адиабатно, причем объем его увеличивается вдвое, а термодинамическая температура падает в 1,32 раза. Какое число степеней свободы  $i$  имеют молекулы этого газа?

6. Холодильная машина, которая работает по обратному циклу Карно, передает тепло от холодильника с водой при температуре  $t_2 = 0$  °С кипятильнику с водой при температуре  $t_1 = 100$  °С. Какую массу  $m_2$  воды нужно заморозить в холодильнике, чтобы превратить в пар массу  $m_1 = 1$  кг воды в кипятильнике?

7. Воздушный пузырек диаметром  $d = 20$  мкм находится в воде возле самой ее поверхности. Определить плотность  $\rho$  воздуха в пузырьке. Атмосферное давление принять нормальным.

#### ВАРИАНТ 6

1. В сосуде вместимостью 5 л при нормальных условиях находится азот. Определить: 1) количество вещества  $\nu$ ; 2) массу азота; 3) концентрацию  $n$  его молекул в сосуде.

2. Давление газа  $p = 1$  мПа, концентрация его молекул  $n = 10^{10}$  см<sup>-3</sup>. Определить: 1) температуру  $T$  газа; 2) среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения молекул газа.

3. Определить плотность  $\rho$  разреженного водорода, если средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул равна 1 см.

4. Двухатомному газу сообщили количество теплоты  $Q = 2,093$  кДж. Газ расширяется при постоянном давлении. Определить работу  $A$  расширения газа.

5. Двухатомный газ, который находится при давлении  $p_1 = 2$  МПа и температуре  $t_1 = 27$  °С, сжимается адиабатно от объема  $V_1$  до  $V_2 = 0,5 V_1$ . Определить температуру  $t_2$  и давление  $p_2$  газа после сжатия.

6. В некотором процессе энтропия термодинамической системы изменилась на  $\Delta S = 1,38$  мДж/К. Как при этом изменилась термодинамическая вероятность состояния системы  $w$  ?

7. На сколько давление  $p$  воздуха внутри мыльного пузырька больше атмосферного давления  $p_0$ , если диаметр пузырька  $d = 5$  мм?

#### ВАРИАНТ 7

1. В баллоне содержится газ при температуре  $t_1 = 100$  °С. До какой температуры  $t_2$  нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в два раза?

2. Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения, среднее значение  $\langle \varepsilon \rangle$  полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре  $T = 600$  К. Определить также энергию  $W$  поступательного движения всех молекул пара, которые содержатся в  $\nu = 1$  кмоль вещества.

3. Вычислить среднее число  $\langle z \rangle$  столкновений, которые испытывает молекула кислорода за 1 с при нормальных условиях.

4. Разность удельных теплоемкостей для некоторого газа  $c_p - c_v = 189$  Дж/(кг К). Определить, какой это газ.

5. Азот в количестве  $\nu = 1$  кмоль, который находится при нормальных условиях, расширяется адиабатно от объема  $V_1$  до  $V_2 = 5 V_1$ . Определить изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа и работу  $A$ , выполненную газом при расширении.

6. Осуществляя замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 4$  кДж. Определить работу  $A$  газа за цикл, если его термический КПД  $\eta = 0,1$ .

7. Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту  $h = 20$  мм. Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  глицерина, если диаметр  $d$  канала трубки равен 1 мм.

#### ВАРИАНТ 8

1. При нагревании идеального газа на  $\Delta T = 1$  К при постоянном давлении объем его увеличился на  $1/350$  первоначального объема. Найти начальную температуру  $T$  газа.

2. Определить средние значения  $\langle \varepsilon \rangle$  полной кинетической энергии одной молекулы гелия, кислорода и водяного пара при температуре  $T = 400$  К.

3. На сколько уменьшится атмосферное давление  $p = 100$  кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту  $h = 100$  м? Считать, что температура  $T$  воздуха равняется  $290$  К и не изменяется с высотой.

4. В закрытом сосуде находится масса  $m_1 = 20$  г азота и масса  $m_2 = 32$  г кислорода. Определить изменение  $\Delta U$  внутренней энергии смеси газов при охлаждении ее на  $\Delta T = 28$  К.

5. Газ расширяется адиабатно так, что его давление падает от  $p_1 = 200$  кПа до  $p_2 = 100$  кПа. Потом он нагревается при постоянном объеме до первоначальной температуры, причем его давление становится  $p = 122$  кПа. Определить отношение  $C_p/C_v$  для этого газа. Начертить график процесса.

6. Идеальный газ, который выполняет цикл Карно,  $2/3$  количества теплоты  $Q_1$ , полученной от нагревателя, отдает холодильнику. Температура холодильника  $T_2 = 280$  К. Определить температуру  $T_1$  нагревателя.

7. Разность  $\Delta h$  уровней жидкости в коленах  $U$ -образной трубки равна  $23$  мм. Диаметры  $d_1$  и  $d_2$  каналов в коленах трубки равны соответственно  $2$  и  $0,4$  мм. Плотность жидкости  $\rho = 0,8$  г/см<sup>3</sup>. Определить поверхностное натяжение жидкости.

## ВАРИАНТ 9

1. В цилиндре под поршнем содержится газ при нормальных условиях. Сначала при  $T = \text{const}$  объем газа увеличили в  $\beta = 5$  раз, потом газ нагрели при  $p = \text{const}$  до температуры  $t = 127$  °С. Определить концентрацию  $n$  молекул в конечном состоянии.

2. Некоторая масса кислорода находится при температуре  $t = 27$  °С и давлении  $p = 100$  кПа. Кинетическая энергия поступательного движения молекул кислорода  $\langle E \rangle = 6,3$  Дж. Определить количество молекул  $N$  кислорода, его массу  $m$  и объем  $V$ .

3. Определить среднюю продолжительность  $\langle \tau \rangle$  свободного пробега молекул кислорода при температуре  $T = 250$  К и давлении  $p = 100$  Па.

4. Водород массой  $m = 6,5$  г, который находится при температуре  $t = 27$  °С, расширяется вдвое при  $p = \text{const}$  за счет сообщенной извне теплоты. Определить работу  $A$  расширения газа, увеличение  $\Delta U$  внутренней энергии газа и количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

5. Двухатомный газ занимает объем  $V_1 = 0,5$  л при давлении  $p_1 = 50$  кПа. Газ сжимается адиабатно до некоторого объема  $V_2$  и давления  $p_2$ . Потом он охлаждается при  $V_2 = \text{const}$  до первоначальной температуры, причем его давление становится  $p_0 = 100$  кПа. Начертить график этого процесса. Определить объем  $V_2$  и давление  $p_2$ .

6. Идеальный газ выполняет цикл Карно. Температура  $T_2$  холодильника равна 290 К. В сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от  $T_1' = 400$  К до  $T_1'' = 600$  К?

7. В воду погружена на очень малую глубину стеклянная трубка с диаметром  $d$  внутреннего канала, равным 1 мм. Вычислить массу  $m$  воды, которая вошла в трубку.

### ВАРИАНТ 10

1. В сосуде вместимостью  $V = 3$  дм<sup>3</sup> содержится азот при температуре  $t = 17$  °С и давлении  $p = 10^{-4}$  Па. Определить количество молекул  $N$  азота в сосуде, массу  $m$  азота и среднюю кинетическую энергию  $\langle E \rangle$  поступательного теплового движения молекул газа.

2. До какой температуры  $T$  нужно нагреть идеальный газ при  $p = \text{const}$ , чтобы его плотность уменьшилась в два раза по сравнению с плотностью этого газа при  $t_0 = 0$  °С ?

3. Какой должна быть температура  $T$  воздуха Земли, чтобы средняя квадратичная скорость молекулы водорода равнялась бы второй космической скорости ?

4. Гелий, который находится при нормальных условиях, изотермически расширяется от объема  $V_1 = 1$  л до объема  $V_2 = 2$  л. Определить работу  $A$ , совершенную газом при расширении, и количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

5. Определить удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$  некоторого газа, если известно, что его плотность при нормальных условиях  $\rho = 1,43$  кг/м<sup>3</sup>, а отношение молярных теплоемкостей равно 1,4. Какой это газ?

6. Идеальный газ выполняет цикл Карно. Температура  $T_1$  нагревателя в три раза выше температуры  $T_2$  холодильника. От нагревателя получено количество теплоты  $Q_1 = 42$  кДж. Какую работу  $A$  выполнил газ?

7. На какую высоту  $h$  поднимается вода между двумя параллельными стеклянными пластинками, если расстояние  $d$  между ними равно 0,2 мм?